寄稿

BIM（Building Information Modeling）の現状と建築研究所のBIM関連研究の取組み

㈱建築研究所 建築生産研究グループ　武藤 正樹

1．はじめに

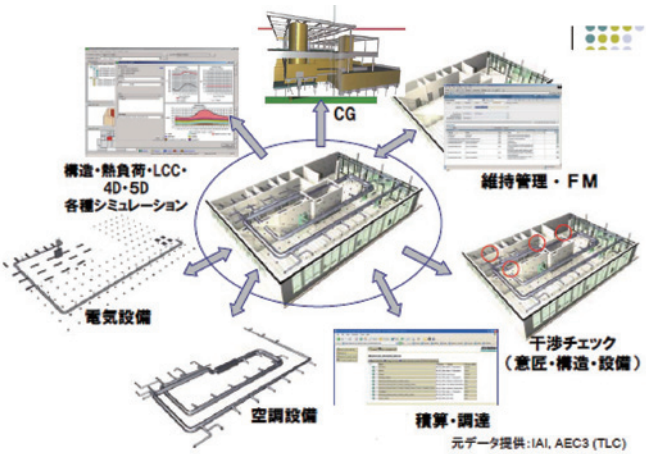
近年，3次元CADによって仮想的な建物を作り，基本設計や実施設計，設計図書の作成などを行うことで建設における業務プロセスを効率化するとされるBIM（Building Information Modeling）に建築業界が大きく期待している。特に，2009年は「BIM元年」と呼ばれ，以降BIMを設計に用いた建築の施工事例が，業界紙，Web等で多く紹介されるようになった。IAI日本が主催する「BuildLiveKobe2011」など短期間で実施する設計コンペイベントでは，一般実務者だけではなく学生も参加し，環境，構造シミュレーションによる検討を踏まえた熟度の高い作品が学生によって作られるなど，BIMを利用しやすい環境が整ってきており，手書きの作図がCADへと置き換わった時と同じような発展の予兆が感じられる。

建築設計側でのBIMの利用が進む一方で，BIMで作られる仮想的な建物のデータ（BIMデータ）を竣工後の建物の維持管理に活用する取組みは，これからの発展が期待される分野である。BIMデータは，単に建物を3次元的に表現できるような図形としてのデータを持つのではなく，表現する柱，床，壁，屋根，建具などの部位・部材・部品のほか，これらが構成する空間も含めて，その諸元などの属性の情報を1元的にまとめるデータの構造（IFC:Industrial Foundation Class）を持った一種のデータベースとして機能するものである。冒頭でBIMデータを仮想的な建物と呼ぶのは，いわば，3次元の形として「見える」建物台帳としての可能性を秘めているからである。

建築研究所では，このようなBIMの特徴を踏まえ，耐久性・維持管理に関する建築生産情報の維持保全計画への活用手法にBIMを応用する検討を行った。本稿では，その取組みの成果と現在の建築研究所の取組みについて紹介する。

2. 設計・施工段階のBIMの効用と維持保全段階への展開

設計･施工段階におけるBIMの効用は，フロントローディング（**図1**）と呼ばれる「作り込みの前倒し」である。公共工事などで「設計VE」と呼んでいるものと本質は同じである。BIMは，設計初期に3次元建築のモデルと必要な属性情報の作り込みを行うことで，干渉チェック，数量チェック，構造，環境等のシミュレーションを行うことができ，設計初期にコストアップの要因となる諸問題が排除できる。



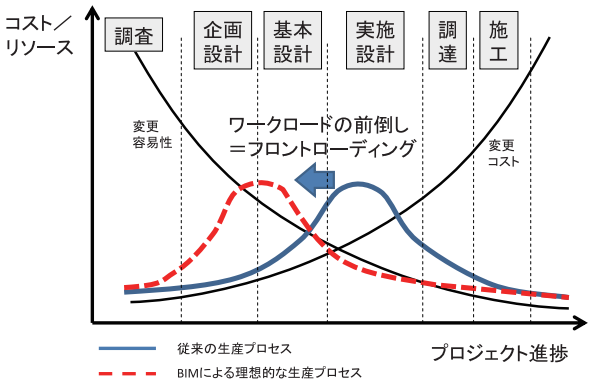


図1　BIMデータの活用とフロントローディングの概念

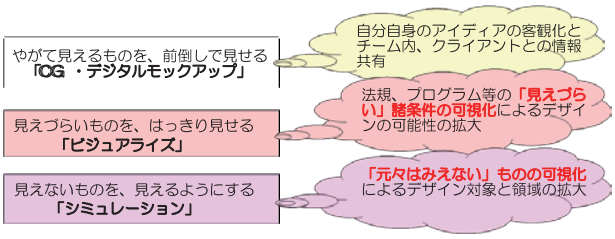


図2　設計時のBIMによる「見える化」の効用[1)]

また，出来型の確認も3次元CGにより分かりやすく行うことができることから，設計者とクライアント間の合意形成がスムーズになることも効用として考えられる。

日建設計山梨氏によると，設計時の「見える化」の効用には，**図2**に示すような3つの要素があるという。

上記のBIMの効用を維持保全段階での効用として捉え直すと，設計時と異なりすでに実建物が存在していることから，デジタルモックアップとしての効用は，設計時に作成されたBIMデータと実建物を整合させる前提として位置付けて，実建物では見えづらいもの，見えないものを見える化する「ビジュアライズ」，「シミュレーション」の効用を求めていくことになる。**表1**は効用の視点で整理した維持管理段階におけるBIMの活用場面を整理したものである。

このうち，「ビジュアライズ」は設計時に用いるBIMソフトウェア（BIMオーサリングソフトとも呼ぶ）の基本的な機能を応用することにより，維持保全に活用が可能である。**図3**，**図4**は空調機の諸元の確認をBIMソフトウェア上で行ったもの，**図5**，**図6**は外装目地の数量をBIMソフトウェア上で抽出したケーススタディである。

本ケースで空調機は部品としてBIM上のライブラリに登録されており，**図3**のように特定の空調機を選択することにより，同種の空調機の所在が平面図でハイライトされている。また，表現される要素には，ユニークなIDが付いているため，**図4**のように，個々の不具合などの情報を属性情報として登録することが可能である。外装目地の数量拾いは，目地部を部品としてBIMデータに収蔵させることにより，**図5**のように，長さ（縦目地につき，高さ）別の目地の本数が集計機能で集計できる。また，**図6**のように，集計表から特定の長さの目地の位置をパース画面上で確認することが可能である。どちらも，BIMデータとして表現されたものには，属性情報を持たせることができ，2次元視，3次元視，帳票などの形で表現できるということであり，これ

表1　維持保全段階におけるBIMの活用場面

設計段階における効用の視点	設計から施工に至る活用場面	維持管理段階での活用場面	大規模修繕，改修等の活用場面
やがて見えるものを，前倒しで見せる「CG･デジタルモックアップ」	・内外観チェック ・干渉チェック	（情報蓄積と現状との整合性確認と継続的な整合性確保） **やがて見えるもの→今見えているものとの一致の確保** **※BIM活用の前提条件**	・改修後の意匠，干渉等確認
見えづらいものを，はっきり見せる「ビジュアライズ」	・最大ボリュームチェック ・自動積算 ・総合図検討	**部位・部品・空間に内在するスタティックな情報の表示(3次元視)** ・部品，設備等の取扱説明書等の表示 ・維持管理計画の内容，手順等の表示 ・場所，部位，部材，部品に着目した履歴情報の蓄積と表示 ・不具合情報等の蓄積，表示，共有 ・モニタリング情報の表示	・改修後の法適合確認(内装等のチェックリスト) ・施工計画検討 ・解体発生材の環境負荷影響表示
見えないものを，見えるようにする「シミュレーション」	・構造解析 ・環境シミュレーション ・設備検討	**部位･部品･空間に内在するダイナミックな情報の表示** ・LC情報(運用コスト，修繕コスト，使用エネルギー)の予測，表示 ・寿命予測，劣化予測 ・モニタリング情報に基づくシミュレーション	・改修後の法適合確認(荷重条件等の計算) ・改修効果の算定(残余寿命の算定等)

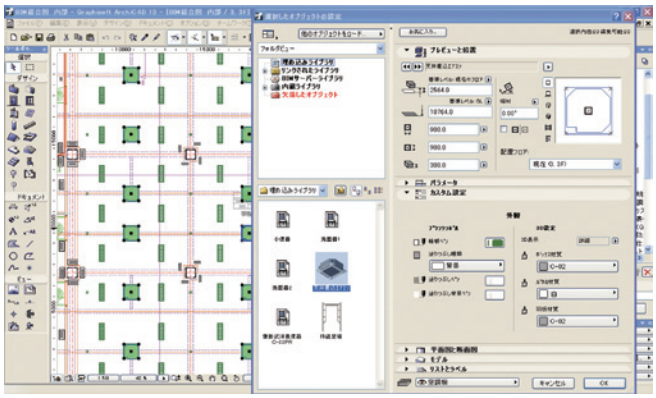


図3　同一種の空調機の位置の確認

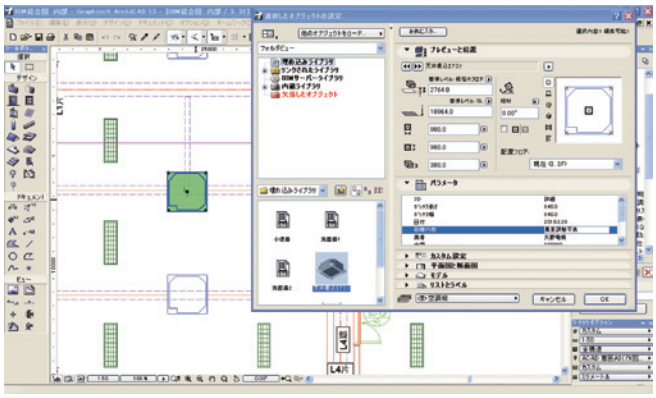


図4　特定の空調機の情報の蓄積

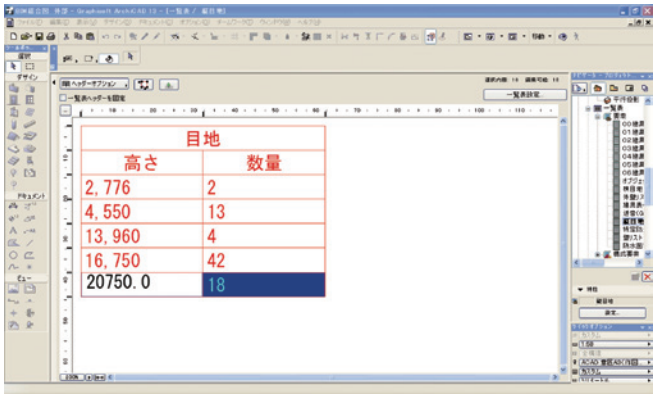


図5　外装目地の数量確認

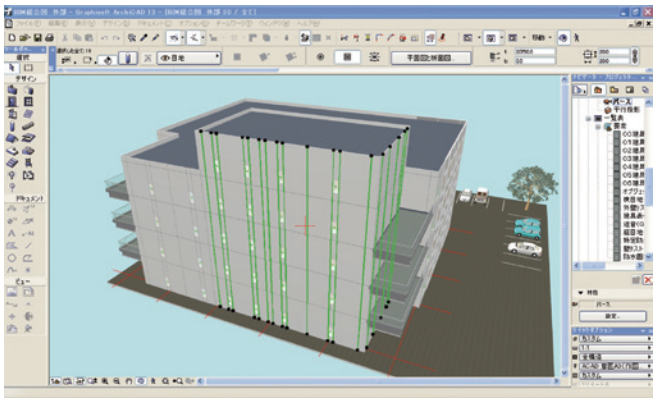


図6　パースによる目地位置の確認

が，BIMにおける「ビジュアライズ」の基本であるといえる。

一方で，「シミュレーション」の効用については，その時点におけるBIMデータを活用したシミュレーションを行うことが必要である。部位の仕様，修繕周期といった諸元に係る情報をBIMデータとして収蔵し，収蔵されたBIMデータを参照して，各種シミュレーションを行うようなソフトウェアを開発していく必要があると考えられる。

3. 維持保全に関する情報の収蔵法・表示に係る検討

3. 1　IFCによる維持保全に関する情報の収蔵について

BIMデータはIFCと呼ばれるデータ構造を持っており，IFCを介して，例えば，設計用BIMソフトウェアと構造シミュレーションソフトウェア，積算ソフトウェアなどとデータの連係を行っている。そこで，維持保全に係る情報をIFC2x3上のプロパティー（情報の収蔵先）で収蔵するための検討を行った。収蔵する情報は次の4点とし，躯体（柱，壁，梁，スラブ等）と外部仕上げ（外壁，防水等）について検討を行った。

表2　躯体に関する情報収蔵の検討結果

維持保全情報	データ種別（例）	IFC2x3におけるプロパティーセット名
仕様の名称，グレードの表示	テキスト（標準，長期…）	Pset_ConcreteElementGeneral >StructuralClass
耐用年数	数値（60年，100年…）	Pset_ConcreteElementGeneral >ServiceLife
修繕周期	数値（12年…）	Pset_Reliability>MeanTimeBetweenFailuare
点検周期	数値（5年…）	Pset_Warranty>WarrantyPeriod

表3　外部仕上げに関する情報収蔵の検討結果

維持保全情報	データ種別（例）	IFC2x3におけるプロパティーセット名
対象とする外部仕上げの有無	真偽値（True, False）	壁オブジェクト Pset_WallCommon_IsExternal スラブオブジェクト Pset_SlubCommon_IsExternal
仕様の名称，耐用年数，修繕周期，点検周期	<外部参照として準備>	Pset_ConcreteElementsSurface FinishQuantityGeneral>Surface DescriptionDocReference

・部位の仕様
・部位の点検，修繕周期
・部位の点検，修繕に係る手順や判断等の技術的情報
・部位の点検，修繕の記録

表2，**表3**に結果を示す。結果として，対象とする部位により，維持保全に関する情報の収蔵先であるプロパティーの定義の状況が異なることが明らかとなった。**表2**に示すように，躯体に関してはPset_ConcreteElementGeneralと称する柱，壁，梁，スラブの属性に関連づけられたコンクリート部材共通のプロパティー群が存在し，仕様・グレード，耐用年数などの諸元が収蔵できることが分かった。また，同様に，Pset_Reliability，Pset_Warrantyと称する信頼性，保証に関連するプロパティー群も用意されていて，修繕，点検の周期に関する情報をオブジェクト単位で収蔵可能であることが確認できた。

一方，外部仕上げについては，設計の段階で防水や外壁の仕上げ部分そのものを単独の図形要素（オブジェクト）として表現しないことが多い。このような場合，鉛直部分は壁の水平部分はスラブの表層の要素としてしかプロパティーが定義されておらず，対象となる外部仕上げの有無と外部参照先の組み合わせでしか情報を収蔵できず，外装仕上げ部分のみを修繕，点検のプロパティーに関連づけることもできないことが明らかとなった。

また，**図5**, **図6**で示す外装目地のように，対象をオブジェクトとして表現した場合は，その部材が「外装目地」であると命名することができ，修繕，点検のプロパティーに関連づけることが可能となる。しかし，外装目地に対応するプロパティーが定義されていないければ，仕様等の詳細情報は収蔵できない。

部位の点検，修繕に係る手順や判断等の技術的情報や記録に関する情報は，ソフトウェア固有の機能によりユーザー定義により収蔵が可能ではあったが，IFC との関連が不明確であり，取り扱いが難しい情報であるという認識である。維持保全に係る情報を IFC で表現するためには，管理対象となりうる部位，部材について整理し，維持保全に必要な情報が収蔵されるようプロパティーを定義していく必要があるものと考える。

3. 2　点検行為の内容表示法の検討

定期点検などの結果を BIM モデルに入力する場合に，点検対象の詳細を各部位のオブジェクトに収蔵することは可能であるが，収蔵された属性情報は，**図4**のような属性情報を表示させる検索などの手順が必要であり，図面上で直感的にすることが困難である。そこで，BIM で表現する図形が属性情報を持たせることができることを応用して，点検・修繕に関するオブジェクト（修繕オブジェクト）を BIM データに配置して，オブジェクトの属性情報によって点検行為の内容表示方法を考案した。

図7, **図8**, **図9**に修繕マーカーによる点検行為の内容表示の概要を示す。検査結果による要修繕程度や内容によって，赤，黄，青等に色分けした複数の「修繕オブジェクト」を用意し，それらを平面図に配置（入力）する。平面図に入力することにより，立面図・パースへ自動的に修繕オブジェクトが付与されかつ，一覧表が自動的に作成される。また，それぞれの修繕マーカーに記録される，点検・修繕の内容は，帳票形式で表現でき，この画面からも，各マーカーの登録内容の修正のほか，求められる対応の度合いや，マーカーの位置などを鍵とした検索・抽出等の管理が可能である。

4. 維持保全に関する情報活用の検討

BIM データを用いた維持保全の仕組みを考える場合，従前からある施設管理のエクスパートシステムは，台帳部分のデータが BIM データに置き換わる程度で，情報活用の流

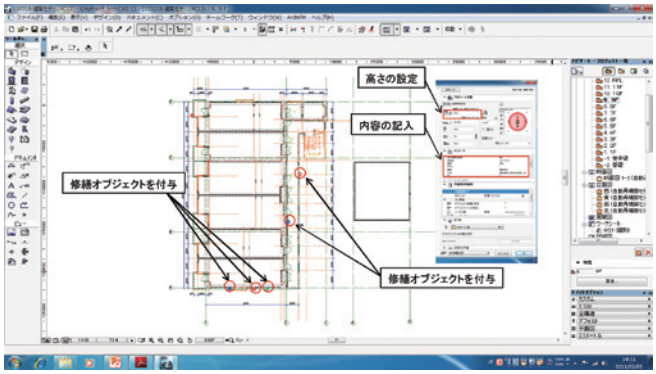


図7　修繕マーカーの配置

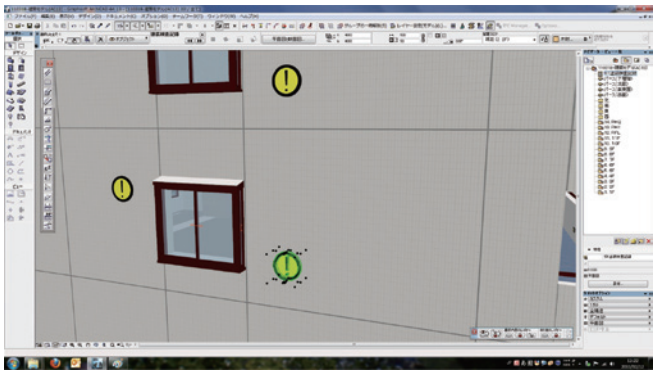


図8　パースによる修繕マーカーの表示状況

図9　帳票フォーマットによる点検内容の管理

れに大きな違いはないと考えられる。BIMによる維持保全のメリットは，BIMデータの構造がIFCによってオープンな構造であることを考えると，データの利活用の汎用性の高さであると考えられる。

特に，BIMの効用が「見える化」にあると考えると，蓄積された情報を分かりやすく活用できることが重要である。現実環境に情報を付加提示する技術として，拡張現実（AR: Augmented Reality）技術がある。位置情報を鍵として，GPSやコンパス情報などを利用してリアルタイムに現実空間に，テキスト，写真（エアタグ）などを合成表示する技術が実現化している。建築屋内では，GPS情報の取得が困難であるため，位置，方位の同定にARマーカーを用いることがある。所定の位置に，マーカーに記録される情報参照先から情報を取得して，カメラ画像に合成表示させることができる仕組みである。**図10**は，マンション建設現場におけるARマーカーを用いた竣工イメージの表示事例である。

点検記録の履歴保存に関しても，**3. 2**でBIMソフトウェアを用いた方法について検討を行ったが，BIMソフトウェアの操作は相当の技能が必要であり，建物維持管理の技術者が容易に操作できるものではない。BIMで作られる3次元形状を活かしつつ，所要の情報を容易に記録閲覧するためのビューア，エディターの開発が求められる。これらについては，電子文書作成･閲覧のソフトウェアのデファクトスタンダードであるAdobe社Acrobatが3次元モデルの表示機能を有しており，**図11**のように，電子文書(PDFファイル）に注釈を付けるのと同じ感覚で，3次元モデルに注釈を付けることが可能である。この注釈はPDF上で表現される注釈に過ぎないが，PDFを作成する元のモデルと相互連携で，元のモデル上のオブジェクトに注釈の内容を情報として送り込むことができるとすれば，BIMソフトウェアを用いずにBIMデータへ点検記録を保存することが可能となるかも知れない。

BIMによる「見える化」の効用を加味した，維持保全情報活用の流れのイメージを**図12**に示す。データの入力や閲覧に関しては，AR技術やWebベースのビューワ等の既存の技術を応用・活用することにより，一般ユーザを含めた分かりやすい仕組みを構築できるものと考えられる。

情報活用の核となるBIMデータの作成，維持については，外部仕上げや外装目地の例で示すように，維持管理で管理対象となる部位・部材のオブジェクト化が，設計時では必ずしもなされないことから，BIMソフトウェアの技能が必要であり，BIMマネージャーともいうべき，維持管理に供するBIMデータ管理の職能が必要となる。

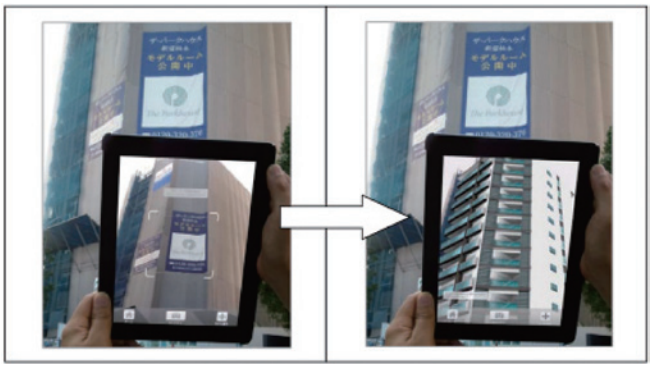


図10　ARマーカーを使った竣工イメージの表示事例[2)]
（外部足場に付けられた垂れ幕がARマーカーである。）

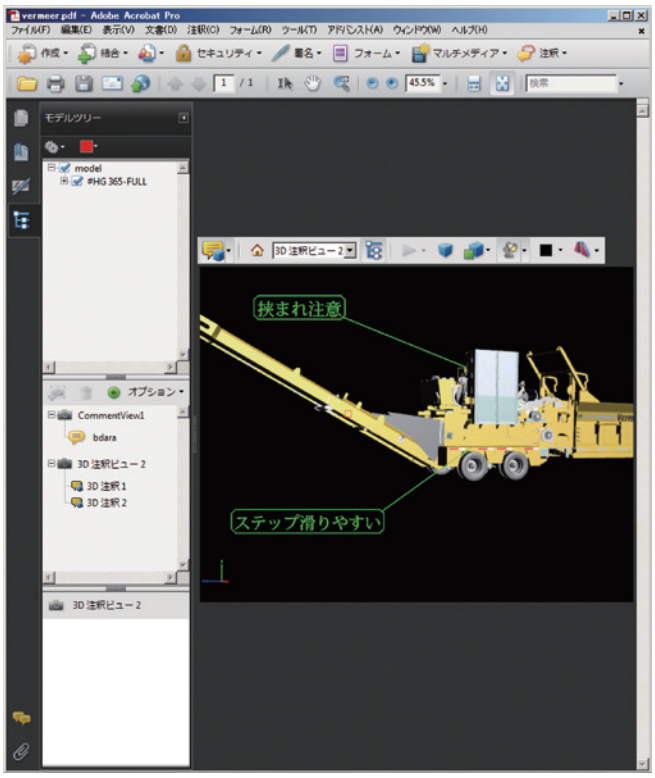


図11　Acrobatを用いた3Dモデルへの注釈の記述例

5. 建築研究所における今後のBIM関連研究とまとめ

以上のBIMによる維持保全情報の活用に関する検討は，平成21年から22年に実施した個別重点研究開発課題「建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保・維持保全手法の開発」の一部として研究を行ったものである。

現在は，個別重点研究開発課題「建築物の技術基準への適合確認における電子申請等の技術に関する研究」を平成24年度から3ヶ年の計画で，設計時，工事中，竣工時，供用時

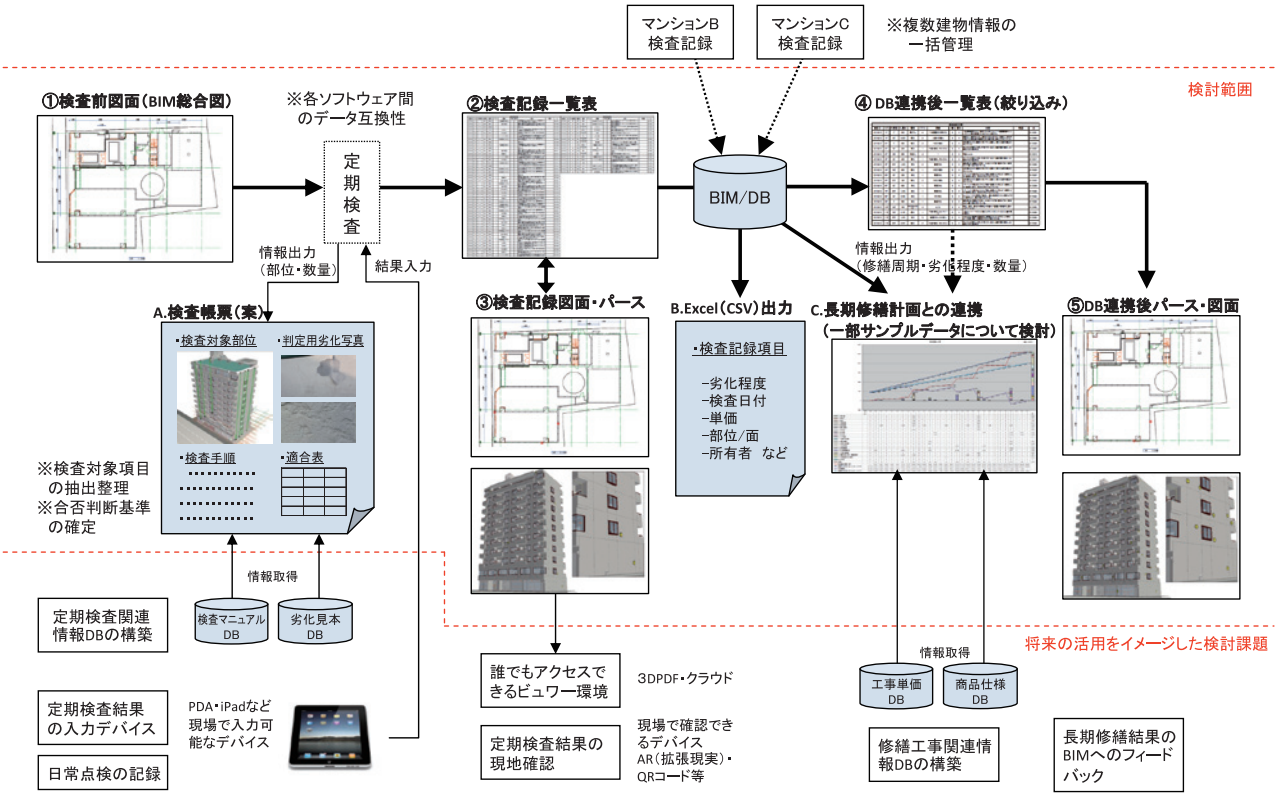


図12　BIMデータを軸とする維持保全情報活用の流れ

の各段階における電子申請に基づく建築物の技術基準への適合確認におけるBIM等の利用技術の研究開発を実施している。本研究により，維持管理も視野に入れた技術基準への適合確認に求められる標準的なBIMデータの仕様について検討をすすめる予定でる。

【参考文献等】

1）日建設計・山梨氏資料他：日本建築学会地球環境委員会：BIMとCASBEEの連携～サステナブル建築の革新的な普及に向けて～,2009年度日本建築学会大会（東北）地球環境部門パネルディスカッション資料，2009.8より作成

2）三菱地所レジデンス，マンションの販売活動にARアプリを活用（GameBusiness.jp社，2011/11/28記事），http://www.gamebusiness.jp/article.php?id＝4838より引用

プロフィール

武藤 正樹（むとう・まさき）

(独) 建築研究所 建築生産研究グループ 主任研究員

最近の研究テーマ：建築物のライフサイクルを通じた建築物および建築物の建設・維持管理行為に関わる情報の活用に関する研究